

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3016871号

(P3016871)

(45) 発行日 平成12年 3 月 6 日 (2000. 3. 6)

(24) 登録日 平成11年12月24日 (1999. 12. 24)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

G 0 2 B 26/08

G 0 2 B 26/08

J

請求項の数18(全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平9-501613

(86) (22) 出願日 平成 8 年 6 月 5 日 (1996. 6. 5)

(65) 公表番号 特表平10-510375

(43) 公表日 平成10年10月 6 日 (1998. 10. 6)

(86) 国際出願番号 P C T / U S 9 6 / 0 9 2 5 5

(87) 国際公開番号 W O 9 6 / 4 1 2 2 6

(87) 国際公開日 平成 8 年 12 月 19 日 (1996. 12. 19)

審査請求日 平成10年 2 月 13 日 (1998. 2. 13)

(31) 優先権主張番号 4 8 0 , 4 5 9

(32) 優先日 平成 7 年 6 月 7 日 (1995. 6. 7)

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(73) 特許権者 999999999

シリコン・ライト・マシーンズ

アメリカ合衆国、カリフォルニア州

94089-1208、サニーベイル、モフエッ

ト・パーク・ドライブ 385、スイート

115

(72) 発明者 ボーンシュタイン、ジョナサン・ジー

アメリカ合衆国、カリフォルニア州

95014、キューパーティノ、スターリン

グ・コート 22460

(74) 代理人 999999999

弁理士 山崎 行造 (外 2 名)

審査官 日夏 貴史

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フラット回折格子光バルブの製造方法及びその装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板 (400, 402) 上に光変調器を形成する方法であって、該基板は導電層 (406) を備えており、該方法は、

- a. 犠牲層 (408) により分離された少なくとも 2 つの位置において前記基板が露出されるように、前記基板上に前記犠牲層 (408) を形成する工程と、
 - b. 前記犠牲層の上に前記 2 つの位置において前記基板に接続された少なくとも 2 つの別個のリボン構造 (304, 314) を形成する工程であって、各リボン構造は反射表面 (414) を有している形成工程と、
 - c. 前記犠牲層を除去し、それにより前記リボン構造がスペースによって前記基板から分離される工程と、
- からなることを特徴とする基板 (400, 402) 上に光変調器を形成する方法。

【請求項 2】 前記基板は絶縁層 (404) を有している請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】 前記犠牲層は堆積される請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】 前記犠牲層は選択的にエッチングされる材料である請求項 2 に記載の方法。

【請求項 5】 前記犠牲層はリン-シリケート (Phospho-silicate) ガラスである請求項 2 に記載の方法。

【請求項 6】 基板 (400, 402) 上に反射位相格子光変調器を形成する方法であって、該基板は導電層 (406) を備えており、該方法は、

- a. 前記基板上に犠牲層 (408) を形成する工程と、
- b. 前記基板に固定された反射構造 (410, 414) を形成する工程と、
- c. 複数のリボン (304, 314) を与えるために前記反射構

造の一部を選択的に除去して各リボンがそれと隣り合うリボンに関して選択的に移動可能であるようにする工程と、

d. 前記犠牲層を除去し、それにより前記リボン構造がスペースによって前記基板から分離される工程と、
 かなることを特徴とする基板上に光変調器を形成する方法。

【請求項7】前記基板は絶縁層(404)を有する請求項6に記載の方法。

【請求項8】前記犠牲層は堆積される、請求項7に記載の方法。

【請求項9】前記犠牲層は選択的にエッチングされる材料である請求項7に記載の方法。

【請求項10】前記犠牲層はリン-シリケートガラス(Phospho-silicate)である請求項7に記載の方法。

【請求項11】a. 基板(400, 402)を与える工程と、
 b. 前記基板上に絶縁層(404)を形成する工程と、
 c. 前記絶縁層の上に第一の導電層(406)を形成する工程と、
 d. 前記第一の導電層の上に犠牲層(408)を形成する工程と、
 e. ビットライン及びボンディングパッド(306, 310, 312, 316)へのバスを形成するために前記犠牲層及び前記第一の導電層をエッチングし、これによりエッチングされた層を形成する工程と、
 f. 前記エッチングされた層の上に弾性材料層(410)を形成する工程と、
 g. 前記弾性材料層の上に反射導電層(414)を形成する工程と、
 h. 複数の平行要素(304, 314)を含む格子を形成するために、前記反射導電層、前記弾性材料層及び前記犠牲層をエッチングする工程と、
 i. 前記平行要素の下の前記犠牲層を除去し、これにより前記平行要素が前記第一の導電層の上に懸架される工程と、
 かなることを特徴とする光を変調する変調器を製造する方法。

【請求項12】更に、格子が前記第一の導電層に向けて移動したときに、前記格子が前記第一の導電層に付着することを防止する工程を有する請求項11に記載の製造する方法。

【請求項13】更に、前記反射導電層の上に誘電層(416)を堆積する工程を有する請求項11に記載の製造する方法。

【請求項14】前記格子が前記第一の導電層に付着することを防止する前記工程は、前記格子と前記第一の導電層との間に処理された表面を与えることにより実行される請求項12に記載の製造する方法。

【請求項15】更に、前記基板の上にリッド(430)を搭載して、前記ボンディングパッドが露出されかつ前記

リボンが前記リッドの下にあるようにする、
 請求項11に記載の製造する方法。

【請求項16】a. 基板(400, 402)と、
 b. 前記基板の上の絶縁層(404)と、
 c. 前記基板の上の複数の導電ライン(300, 302)と、
 d. 前記導電ラインの上に形成されかつ空隙により前記導電ラインから分離された少なくとも2つの隣接リボン(304, 314)であって、各リボンが導電層でもある反射層を含み、それにより隣り合うリボンが隣り合う反射層を含む少なくとも2つの隣接リボン(304, 314)と、
 e. 2つの隣り合うリボンを互いに回転させずに移動させて回折格子を形成する手段と、
 から成ることを特徴とする光変調器。

【請求項17】a. 基板(400, 402)と、
 b. 前記基板の上の絶縁層(404)と、
 c. 複数の平行導電層の隣接したものがギャップにより分離されるように、前記絶縁層の上に形成された複数の平行な平行導電層(300, 302)と、
 d. 前記導電層に実質的に垂直に配向された複数の連続した平行反射リボン(304, 314)であって、該リボンが空隙により前記導電層から隔置されかつ前記導電層間のギャップ内の前記基板に搭載されるような複数の連続した平行反射リボンと、
 から成ることを特徴とする光変調器。

【請求項18】前記リボンは、前記基板から実質的に垂直に上方に延在しかつ前記導電層の上で弧状に曲がっている請求項17に記載の光変調器。

【発明の詳細な説明】

技術分野

本発明は光ビームを変調する分野に関する。特に、本発明は実質的にフラットな回折格子光バルブ及びその製造方法に関する。

背景技術

例えば、光の振幅、周波数、あるいは位相を変更することにより光ビームを変調する装置には多くの応用が存在する。このような装置の一例として、変形可能反射格子光変調器10が図1に示されている。この変調器10は、反射基板16上に懸架され等間隔で配置された複数の変形可能反射リボン18を有している。この変調器は、参照によりここに組み込まれた米国特許第5,311,360号においてBloom他により提案された。リボン18は酸化物スペーサ層12上の窒化物フレーム20上に保持されている。単一波長 λ_0 を有する光を変調するために、変調器は、リボンの厚さと酸化物スペーサの厚さとが共に $\lambda_0/4$ に等しくなるように設計されている。

リボン18上の反射表面と基板16の反射表面との間の垂直距離dとして定義される、この変調器の格子振幅は電子的に制御される。電圧がリボン18と基板16との間に印加されていない未変形状態では、格子幅は $\lambda_0/2$ に等しくまたリボンと基板とから反射された光の間の合計光路

長さは λ_0 に等しく、そのため同相で加算される反射を生じさせ、またこの変調器はフラットミラーとして光を反射する、適切な電圧がリボン18と基板16との間に印加された時に、静電力がリボン18を基板16の表面上に引き下げ、また格子幅は $\lambda_0/4$ に等しくなるように変化する。合計光路長さは $1/2$ 波長となり、これにより変形リボン18の表面からの反射と基板16からの反射は破壊的に干渉する。この干渉の結果、変調器は光を回折する。

Bloom他第5,311,360号特許に記載された型式の格子光変調器は、画像を表示する装置をつくり出すために使用できる。ピクセルは、最小限で一对の隣接格子要素を有する変調器により形成できる。この表示装置が回折された光だけを検出する光学装置を備えているとすると、電圧がリボンに印加されずかつリボンが上方位置にあるときにはピクセルは暗つまりオフ状態にあり、一方電圧がリボンに印加されかつリボンが基板上に引き下ろされたときにはピクセルは明つまりオン状態にある。表示装置を設計する一つの非常に重要な基準は、暗ピクセルと明ピクセルとの間のコントラスト比である。比較的大きいコントラスト比を与える最善の方法は、暗ピクセルが確実に光を有していないようにすることである。

変調器10を形成する方法は、Bloom他第5,311,360号特許に提案されている。図1において、絶縁層11はシリコン基板16上に堆積されている。このあと、共に213nm厚さの犠牲的二酸化シリコン膜12及び低応力窒化シリコン膜14が堆積される。これらの厚さが変調器の格子幅を決定するので、それらの寸法は重要である。これらの厚さの変動はオフ状態における光の不必要な回折を生じさせ、そのため、より低いコントラスト比をもたらす。

窒化シリコン膜14はフォトリソグラフィによりパターンニングされ、細長い要素18の形の格子要素のグリッドに形成される。このフォトリソグラフィによりパターンニングプロセスの後に、周辺の窒化シリコンフレーム20がシリコン基板16の上面の全周囲に残る。次に、犠牲的二酸化シリコン膜12はフッ化水素酸でエッチングされる。二酸化シリコン膜12は、酸エッチングにより完全に除去されこれにより213nm厚さの複数の窒化シリコンリボンが形成され、またフレーム内で引き伸ばされかつシリコン基板16上213nmの距離（これはエッチングされた犠牲膜の厚さである）に懸架される。

更にわかるように、二酸化シリコン層12はフレーム20の下は完全にエッチングされていない。このように、フレーム20は、二酸化シリコン膜12の残っている部分によりシリコン基板16上213nmの距離に支持される。これは、二酸化シリコン層12がフレーム20の下に確実に残るようにするために注意深く制御された時間依存エッチングを必要とする。次に、50nm厚のアルミニウム膜はリボン18及び基板16の上にスパッタリングされる。このアルミニウム膜はリボン18及び基板16の反射率を高め、かつリボン18及び基板16の間に電圧を印加する第一の電極を

与える。第二の電極は、シリコン基板16のベース上に同じ厚さのアルミニウム膜をスパッタリングすることにより形成される。

リボン18及び基板16の付着力は、最終のウェット処理工程の間及び動作の間、これらの装置において問題となることがわかっていた。この付着力を生じさせる力は、2つの表面の接触面積及び付着比力（つまり、単位接触面積当たりの力）の関数である。付着を低減する数多くの技術が提案されている。これらは、フリーズドライ、ホトレジストアセトン犠牲層のドライエッチング、OTS単層処理、より短いリボン及び／またはより強く張った窒化物膜を使用することによるより硬いリボンの使用、一方あるいは両方の表面の粗加工あるいは波形化、リボンの底面上への反転レールの形成、及び表面の化学的特性の変更を含んでいる。“Surface Microfabrication of Deformable Grating Light Valves for High Resolution Displays”のSandejas他及び“Grating Light Valves for High Resolution Displays”のApte他、Solid State Sensors and Actuators Workshop, Hilton Head Island, SC (June 1994) は、そのような付着が、ブリッジの底面上に反転レールを形成すること及び粗ポリシリコン膜を使用することにより接触面積を低減することにより防止できる、ことを開示している。現在、望ましい技術は一方あるいは両方の表面を粗くすることである。しかし、変換器10の基板は光学表面として使用されるので、表面を粗くする製造プロセスは、基板16の反射部分が高反射率をもつよう平滑化されかつリボン18に平行な面内になければならないという要求により複雑となる。

Bloom他第5,311,360号特許は、基板を反射面積として使用しない変調器の他の実施例の製造方法を提案しているが、それは開示していない。変調器30の一形成が図2に示されており、それは、固定リボン38を有するとともに交互に可動リボン34を有している。その固定リボン38は可動リボン34と同一平面となるように配置され、これにより実質的にフラットな上面を与える。バイアス電圧が印加されないときは、変調器はフラットミラーとして入射光を反射する。バイアス電圧が印加されると、可動リボン34は下方に移動して変調器は光を回折する。しかし、この装置は製造が難しく、変調器10と同じくその性能はリボン及び固定要素の下に酸化物スペーサの厚さに極めて敏感である。

更に、変調器10（図1）及び変調器30（図2）から成るディスプレイのコントラスト比及び強度も、プロセスにより発生した格子構造における偶然の周期性に敏感である。例えば、固定リボンを支持する酸化物スペーサの膨出が変調器30のプロセスの間に発生することがある。このような膨出により固定リボン及び可動リボンがオフ状態で同一平面にないことになり、そのため光は反射の代わりに回折される。

更に、これらの変調器は、印加電圧及びノイズの影響に起因してコントラスト比の劣化を受ける。第一の場合には、基板と下方に移動されるリボンとの印加電圧の存在は、上方にとどまる（ピクセルオフ）他のリボンによって検出される。これらのリボンは曲がり入射光の一部を回折し、そのためピクセルはオフかつ暗にされる代わりに部分的にオンかつ点灯され、コントラスト比の低減が生じる。同様に、リボン及び非固定要素はノイズにตอบสนองして曲がる。この結果、a) 変調器10内の格子幅（隣接格子要素の反射表面間の距離）が変動すること及びb) リボン及び固定要素がもはや変調器30内で同一平面にないことから、コントラスト比の劣化が発生する。

要約すると、従来技術の方法を用いて製造された変調器の性能には、これに限定されないが、以下の欠点がある。つまり、リボンの厚さ、犠牲層、及び残留酸化物スペーサの寸法が格子振幅（幅）を確定するので性能はプロセス変動に敏感であること、コントラスト比は単一波長についてだけ最適化されていること、暗状態つまりコントラスト比は非常に波長に依存すること、異なる波長に同調するためあるいは製造変動を調整するために、弛緩状態の基板上方のリボンの高さをプロセス後は調整できないこと、両表面の付着を防止し表面を粗くする実施例の方法は基板格子要素の反射率を劣化させること、及びコントラスト比が印加電圧及びノイズの影響により劣化することである。

必要とされるものは、以下の特徴を示すフラット回折格子光バルブである。つまり、暗状態が波長に依存しないこと、白色光に対するコントラスト比が比較的高いこと、格子振幅が製造、自己バイアス、ノイズのコモンモード除去、簡単かつコスト有効な製造を最適化するために調整できること、及びプロセス変動の許容である。

更に、以下の特徴を示す光バルブ及びフラット回折格子装置を製造する方法が必要とされる。つまり、簡単な製造プロセス、高い歩留まり、自己制限犠牲層エッチング、自己支持変調要素（フレームなし）、及び付着を除去するプロセスの簡便化である。また、基体製造上の問題点（付着を低減する粗さ及び導電率）は光学的問題点（反射率及び平坦性）から切り離される。

発明の開示

光を変調する変形可能格子装置を製造する方法は、基板の上に絶縁層を形成し、絶縁層の上に第一の導電層を形成し、この第一の導電層の上に犠牲層を形成することの各工程から成る。犠牲層及び第一導電層は、ビットライン及びボンディングパッドへのバスを確定するためにエッチングされてエッチングされた層を形成する。犠牲層及び第一の導電層がエッチングされた後に、弾性材料層がそのエッチングされた層の上に形成され、かつ反射導電層がこの弾性層の上に形成される。誘電層が反射導電層の上に堆積される。複数の平行要素を含む格子を形成するために、誘電層、反射導電層、弾性材料層、及び

犠牲層は全てエッチングされる。このエッチング後に、犠牲層がその平行要素の下から除去され、これにより平行要素が第一の導電層の上方に懸架される。格子と第一の導電層との間に処理表面を備えることにより、この格子は第一の導電層に向けて移動した時に、その格子がこの第一の導電層に付着することを防止される。

光変調器は、基板と、前記基板の上の絶縁層と、複数の導電層の隣接したものがギャップにより分離されるように、前記絶縁層の上に形成された複数の平行導電層と、前記導電層に実質的に垂直に配向された複数の連続した平行反射リボンとを備えている。このように、前記リボンは空隙により前記導電層から隔置されかつ前記導電間のギャップ内の前記基板に搭載される。

図面の簡単な説明

図1は従来技術の方法により形成された変調器の断面図である。

図2は従来技術において提案された変調器の断面図である。

図3乃至図26は本発明の処理手順を示す半導体ウエハの断面図である。

発明を実施するための最良の形態

図3は本発明の方法により製造された2つのピクセル要素の平面図を示す。この平面図は好適実施例を示している。簡単な修正が可能でありそれは本発明の範囲内にあることは当業者には明らかである。例えば、ピクセルに対して異なる数のリボンが使用できる。また、多くの形式のディスプレイ装置に対して、多くの行及び列に数多くのピクセルが使用できることもわかる。そのような装置では、ボンディングパッド領域はピクセルの位置から実質的に除去できる。

連続した導電層300が複数のリボンの下にある。好適実施例では、単一導電層の上方の4つのリボンが一つのピクセルを形成する。第二の導電層302は第一の導電層300に隣接しており、第二のピクセルを確定する。従来のディスプレイ装置では、導電層はディスプレイの列を表示するために使用される。導電層310及び302の各々はボンディングパッド306及び312から適切な電圧を入力するために接続されている。

各ピクセルは4つの反射リボンを含んでいる。リボン304のうち2つはバイアス電圧を入力するために電氣的に接続されている。好適実施例では、リボン304へのバイアス電圧がボンディングパッド306に印加される。このボンディングパッド306は導電層308に電氣的に接続されている。導電層308はピクセル領域の導電層300及び302と同時に形成される。導電層308コンタクトビア320を介してリボン304に電氣的に接続されている。リボン314の別の2つのバイアス電圧を受け取るために電氣的に接続されている。好適実施例では、リボン314へのバイアス電圧はボンディングパッド316に印加される。このボンディングパッド316は導電層318に電氣的に接続されて

いる。導電層318はピクセル領域の導電層300及び302と同時に形成される。導電層318コンタクトビア300を介してリボン314に電氣的に接続されている。

本発明を具体化する一つの用途は、変形可能反射格子光変調器を含む2次元アドレス指定可能格子光バルブディスプレイで、電氣的に制御可能な格子振幅を有し、基板の上に自由に懸架された変形可能格子を有する基板から成る格子光変調器を備えている。フラット回折格子光バルブ構造及びその製造方法は、寸法的に頑強で（自己制限犠牲層エッチングにより形成される自己支持変形可能リボン）、ポストエッチング付着を伴わない下側電極ライン（テクスチャ下側電極）の上方に自由に懸架でき、かつ上側（ワードライン）下側（ビットライン）データラインにより二次元的にアドレス指定できるピクセルを備えた、フラット回折格子を製造する手段を確立する。

本発明のプロセスは、図4乃至図26にステップ毎に示されている。これらの図は本発明に従って処理されるウエハの断面を示し、プロセスの各主要工程後に示される。プロセスの位置は図3の線点A-A'及びB-B'により示されている。同一要素は連続した工程において同じ番号で示される。修正された要素、例えば、エッチングにより変形された要素はアルファベット添字を有する同じ番号で示される。格子光バルブディスプレイを製造する方法は、固有のアーキテクチャにより統合される重要なプロセス及び材料を含んでいる。好適実施例の材料と共に代表的な材料だけがここに開示されるが、制限的な意味で解されるべきでない。

図4に示された第一の工程は、シリコン基板400上に絶縁層を形成することである。好適実施例では、絶縁層は複合層であり、以下のように形成される。つまり、シリコンウエハはフィールド酸化膜402を形成するために熱酸化される。窒化シリコン404の薄層がフィールド酸化膜402の上に形成される。成長される酸化物の厚さの要件は、ピクセルアドレス指定における基板容量及び関連寄生容量の効果により示される。窒化物層は2つの機能を果たす、つまりi)ピクセル間のキャップ内のリボン窒化物へのインタフェースの最適化、及びii)犠牲層エッチング中のピクセル間のスペース内のリボンのアンダーカットを防止するエッチング工程である。

周辺の部分では、図5に示されるように、修正層402A及び404Aを形成するために、窒化物層404及びフィールド酸化膜402がパターンニングされエッチングされる。しかし、これらの層は装置のピクセル領域にそのまま残り、それらの本来の参照番号により呼ばれ続ける。

図6に示す次の工程で、代表的には高融点金属から成る第一の導電層406が窒化物層404上に形成される。第一の導電層406はリボン格子の下側電極として機能する。これはまた、ビアを介してリボン格子の上側電極をボンディングパッドに接続するバス層としても機能する。ボ

ンディングパッドはチップパッケージの外にある。第一の導電層406は格子リボン（まだ形成されていない）と基板400との間に配置される。導電材料の基準は、i)高温適合性（800℃以上）、ii) $\leq 10 \text{ohms/sq.}$ のシート抵抗が最小厚さ（平坦性を保つために $\leq 1000 \text{\AA}$ ）で実現できるような低抵抗率、及びiii)フッ化水素ベースのウェットエッチャント（犠牲層エッチングに対するエッチャント）に対する不可侵性である。チタニウムタングステン（20wt%Tiまで）のような高融点合金と共にタングステン（W）、モリブデン（Mo）、及びタンタル（Ta）等の高融点金属がこれらの要件を満たす。好適実施例では、金属はタングステンである。

格子要素と導電層との間の付着を除去するために、導電層406の上面及びまたはリボン層の底面を処理することが望ましい。一つの方法は、幾つかの手段のどれかにより導電層406に表面テクスチャあるいは粗さを付加することである。ある場合には、SF₆を含むプラズマ内でのWのドライエッチングが粗さを生じさせる。同様に、アルゴンガスによるスパッタエッチングも粗さを生じさせる。また、酸素プラズマあるいは500乃至1000℃での炉内アニーリング等の手段による、W表面の部分酸化は表面テクスチャを与える。

次に、犠牲層408が導電層406上に形成される。一般に、導電層406及びリボン層（まだ形成されていない）に対して選択的にエッチングできる任意の犠牲層408が使用できる。通常、ボロンリンシリケートガラス（BPSG）あるいはリンシリケートガラス（PSG）等の不純物添加ガラス層が使用される。好適実施例では、PSGの犠牲層408が使用されている。厚さ及び許容誤差は、それぞれ変調及びコントラスト非に要求される静電力によって制限される。この層に対する基準は、i)上層の窒化シリコンリボン及び下地の高融点金属（共に犠牲層エッチングの間に露出される）に対して極めて高いウェットエッチング選択度（ $\sim 500:1$ ）であり、及びii)第一導電層上の平坦性を促進するために -1200°C で $\leq 45^\circ$ で流動することである。エッチング選択度及び流動性は共に高濃度のリン添加により増大する。

導電層406及び犠牲層408は次に容易に利用できる技術によりホトリソグラフィでマスクされ、両層の堆積が単一マスク工程で通常の幾何学でパターンニングされるように適切なドライあるいはウェットエッチング技術により連続的にエッチングされる。この組のプロセス工程から得られたプロファイルは図8に示されている。

好適実施例では、確定されたPSG/W両層は、PSGが流動化されこれによりPSG/W両層の側壁の上隅にテーパあるいは面取りされたプロファイルを生じさせるように、高温炉プロセスを受ける。このプロファイルは、連続した窒化シリコン層とアルミニウム層の側壁被覆性を増し、また形成される窒化シリコンリボン内の曲げモーメントにより誘起される応力を分散することにより機械的

安定性を与える。

犠牲層が堆積された後に下側電極に表面テクスチャを付加する一つの方法は、顕微鏡的規模で非均一な酸化物を選択的に成長することである。これは、両層がパターンニングされる前に及び／または後にオプションで実行できる高温アニーリング工程でのWのドーパント増強酸化により実現される。このアニーリングが両層をパターンニングした後に実行させる場合には、犠牲層の表面テクスチャ及びテーパづけは付随的に実行できる。

次に、図9に示されているように、弾性材料410の層は犠牲層408Bの上方に形成されている。弾性材料410の好適材料は、高パルスをダウン状態にするスイッチングバイアスにより誘起された静電力を打ち消すのに十分な反対極性バイアスが印加された後に、光パルスをアップ状態に戻すために必要とされるバネ力により決定される厚さ及び残留応力レベルまで堆積される、窒化シリコンである。窒化シリコンは減圧CVD (LOPCVD) あるいはプラズマ増強CVD (PECVD) により堆積できる。層構造のアーキテクチャは、PSGは3つの面（上面及び両側面）は底部上の窒化シリコン及びWに接している。Wの側壁は窒化シリコンに接している。従って、PSG/W両層が2次元に沿って完全に窒化シリコンに接している。これは2つの主要な理由で重要である、つまり i) 犠牲PSGが等方的にエッチングされる犠牲層エッチング（確定された窒化シリコンリボンのアンダーカット）が、PSGと窒化シリコンとの間の極めて高い選択度に起因する自己制御終点により自己制限的であること、及び ii) 窒化シリコンリボンの側壁が、リボンの縦方向要素の横方向曲げモーメントを制限することにより窒化シリコン光パルブに機械的安定性を与える、W層の縁により支持されることである。

リボンとボンディングパッドとの間の接続は第一の導電層406により形成されるバスにより実現される。ボンディングパッドとビアとの両方の面積を確定するホールは、図10に示されているように、ピクセルの領域の外側の装置の周辺において弾性材料410A及び犠牲層408Aを介して形成されている。導電層406はホールを介して露出される。

次に、アルミニウム層412が、ボンディングパッドとして機能しかつコンタクトビアを埋めるために、図11に示す構造の上方に形成される。好適実施例では、このアルミニウム層は $\leq 5000 \text{ \AA}$ の厚さまで堆積され、その結果最大の側壁被覆性がボンディングパッド及びビアホール内に実現される。従来の方法は、アルミニウムスパッタデポジション、例えば、 300°C でのアルミニウムのホットスパッタデポジション、バイアス基板スパッタデポジション及び／またはそれらの組み合わせの前に、窒化物上側隅にテーパを与えるスパッタエッチングを含んでいる。

次に、アルミニウム層412はパターンニングされエッチ

ングされ、そのため図12に図示されているようにボンディングパッド及びビア領域内にだけ残る。周知のように、十分なオーバーラップが、ボイドの形成を避けるためにボンディングパッドの周りに残されている。オーバーラップの外側周縁におけるエッチングされた金属の側壁の傾斜が、最大段差被覆性を保証する限り、このためリボン格子の連続的に堆積されたスズアルミニウム上側電極の連続性を保証する限りにおいて極めて重要である。アルミニウム層412内の傾斜エッチングプロファイルは、制御されたウェットエッチングプロセスにより形成される。

好適実施例では、導電層406Aは、PSG及び窒化シリコンリボンの下に埋められており、バス層の上の確定された領域がボンディングパッドの内側縁から格子アレイの外側縁まで伸びている。このパッシベーション領域はボンディングパッド306とビア320との間に示されている。ガラスリッド430がこのパッシベーション領域に搭載され、装置のピクセル領域を環境条件から気密封止する。ボンディングパッドは、図25に示されるように、リッドによって与えられる封止の外側に残る。ビア及びピクセル領域だけがリッドによって覆われる。プロセスの最終工程が完了した後に、リッドは装置に付加される。

次に、図13及び図14に示されているように、薄いアルミニウム層414が装置の上に堆積される。この層414は（形成されるべき）ピクセルリボンの反射率を増加する。アルミニウム層414は $\leq 1000 \text{ \AA}$ の厚さまで堆積される。

二酸化シリコンの薄い誘電層416が、ピクセル領域に対しては図15に示されまたその周辺に対しては図16及び図17に示されるように、薄いアルミニウム層414の上に形成される。誘電層は $\leq 500 \text{ \AA}$ の厚さである。誘電層416及び薄いアルミニウム層414は図16及び図17に示すように周辺においてパターンニングされエッチングされる。誘電層416Aは、ボンディングのための導電表面を与えるために、図18に示されるように、ボンディングパッドから除去される。薄い誘電層416は2つの主要な機能を実行する。第一に、薄い誘電層416は、ホトレジスト除去工程等の連続したプロセス工程中薄いアルミニウム層414に対して保護層となる。第二に、薄い誘電層416は、光変調器の動作中に薄いアルミニウム層414のエレクトロマイグレーション及び機械的歪みを抑制することを助ける。

次に、ピクセル領域が回折格子のリボンを形成するように条件づけられる。断面の次の手順は前述した断面に垂直に行われることは注目すべきである。これらのリボンを形成するためには2つの可能なプロセスがある。第一のプロセスは図19乃至図21に示されている。図19には、開口がホトレジスト層418を介して形成される。図20に示すように、薄い誘電層416、薄いアルミニウム層414、弾性層410、及び犠牲層408は、ホトレジスト層418を

13

マスクとして使用して全てエッチングされる。図21は、犠牲層408Aが完全に除去されたことを示している。リボン構造は薄い誘電層416、薄いアルミニウム層414、及び弾性層410を有している。この断面の優位性から、リボン構造が空中に浮いていることがわかる。実際には、図26に示されているように、このリボン構造はその端部により導電層406上の空隙420の上に懸架されている。

リボンを形成する第二のプロセスは図22乃至図24に示されている。図22には、開口がホトレジスト層422内に形成され、つぎにこのホトレジスト層422が薄い誘電層416Bが薄いアルミニウム層414Bの一部を除去するためのエッチングマスクとして使用される。ホトレジスト層422が除去され、第二のホトレジスト層424が堆積されマスクされる。ホトレジスト層424は層410C及び408Cのエッチングマスクとして使用される。次に全犠牲層408が除

14

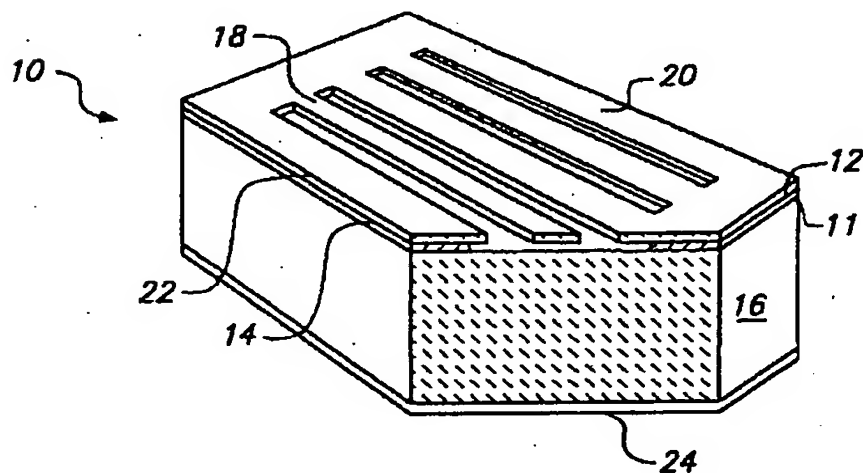
去されることから、犠牲層408Cはマスク工程の結果としては完全に除去される必要はない。前述したプロセスにおけるように、リボンは導電層406の上に懸架される。

いずれかのプロセスに対する最終工程として、リッド430がピクセル領域及びビア上に搭載される。リッドはビアとボンディングパッドとの間の領域にある装置の構造に接触し、その結果、図25に示されたように、ボンディングパッドはパッケージのリッドの外側にある。

図26は、リボンの長さとのリボンを基板に搭載する構造とを示した2つの完成したリボンの断面図を示している。

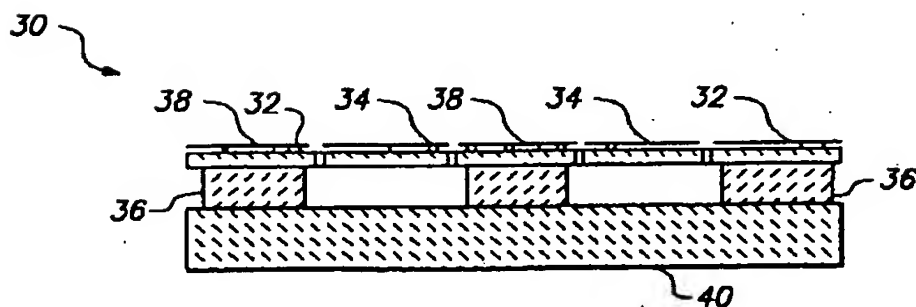
本発明は好適実施例に関連して説明された。本開示を読んだ後にだけ当業者に明らかになる改良あるいは修正が本出願の精神及び範囲内にあると思われる。

【第1図】



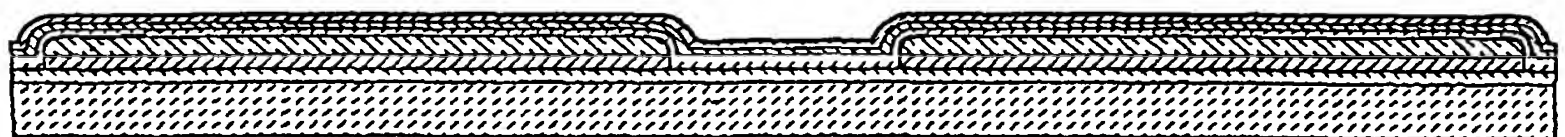
(PRIOR ART)

【第2図】

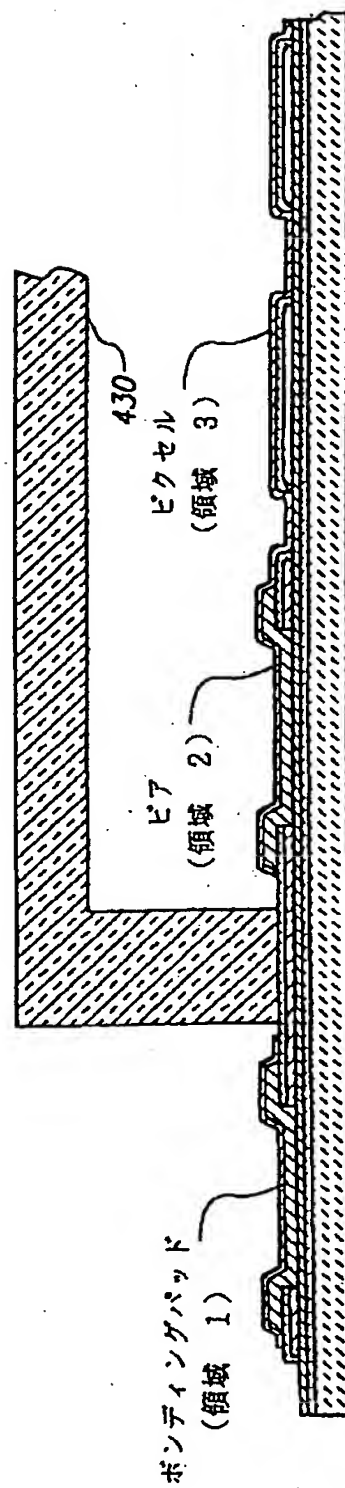


(PRIOR ART)

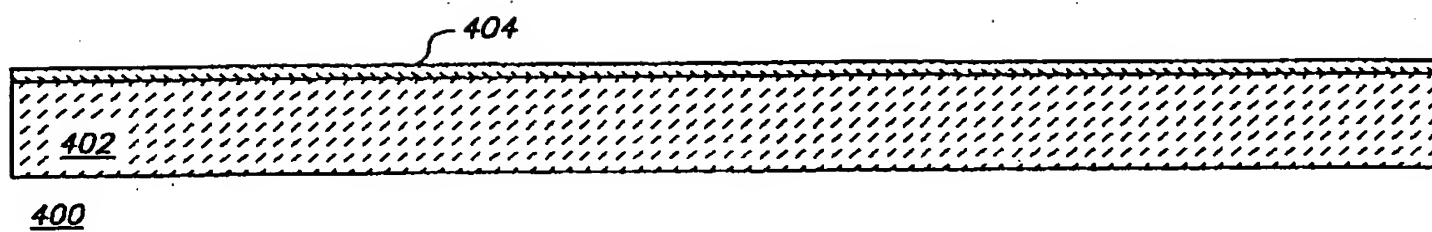
【第26図】



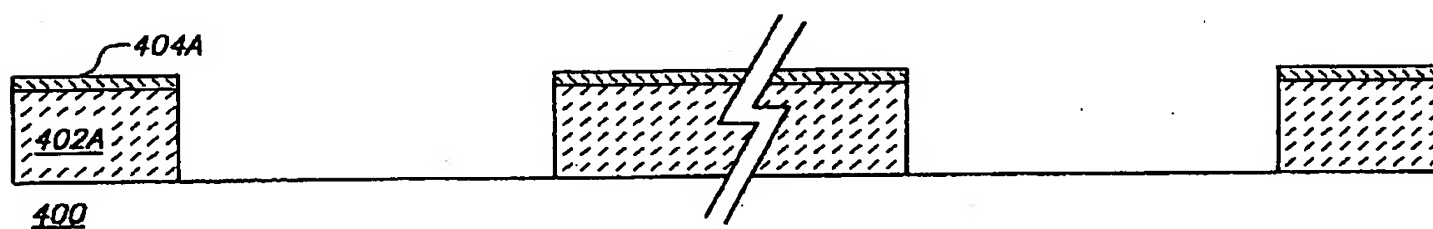
【第25図】



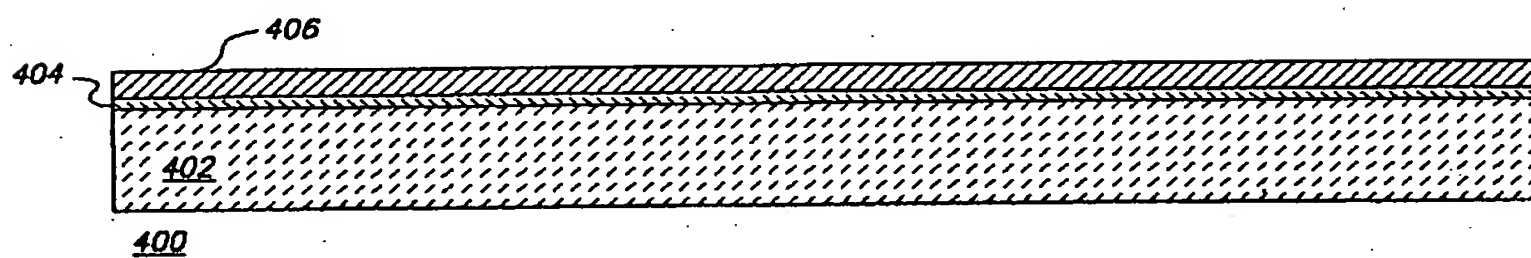
【第4図】



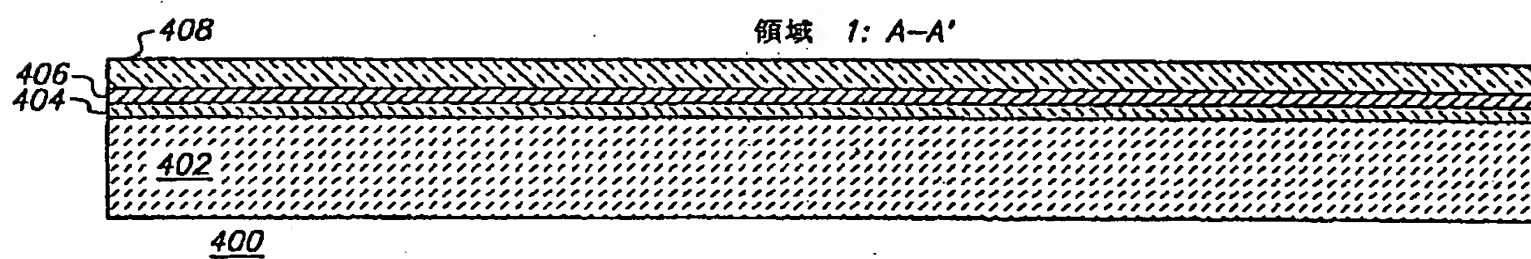
【第5図】



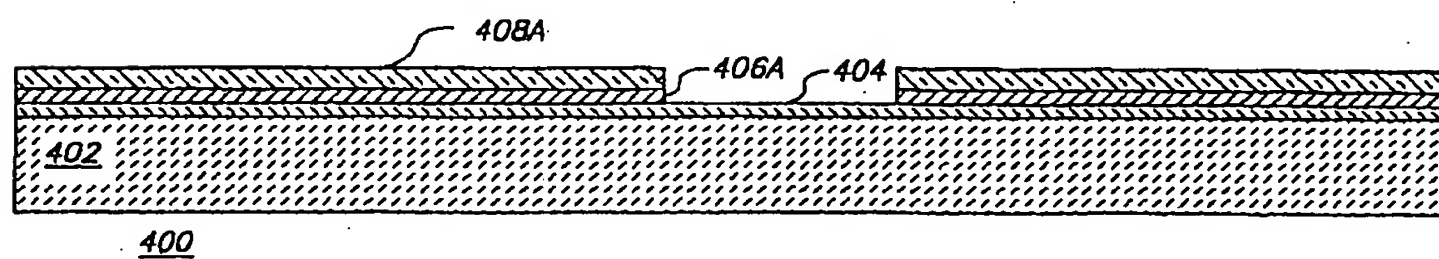
【第6図】



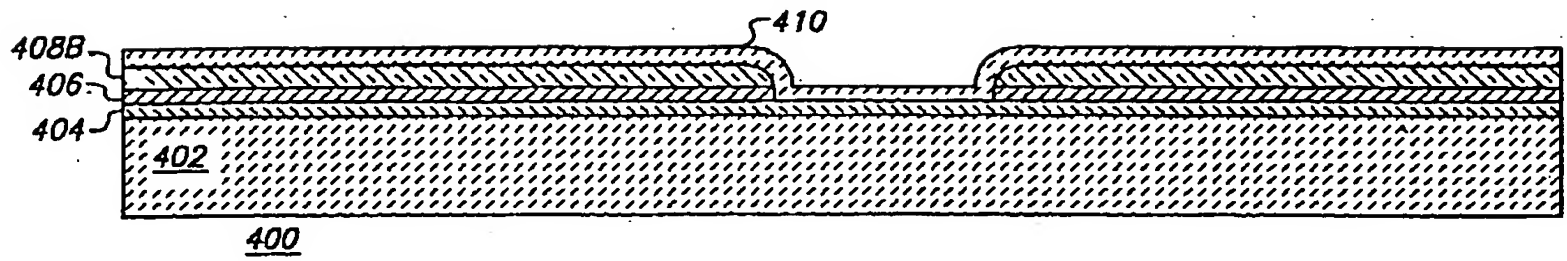
【第7図】



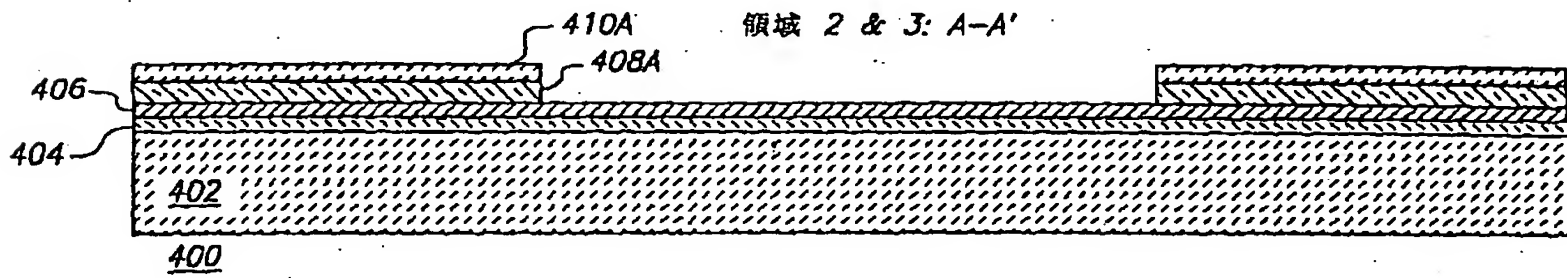
【第8図】



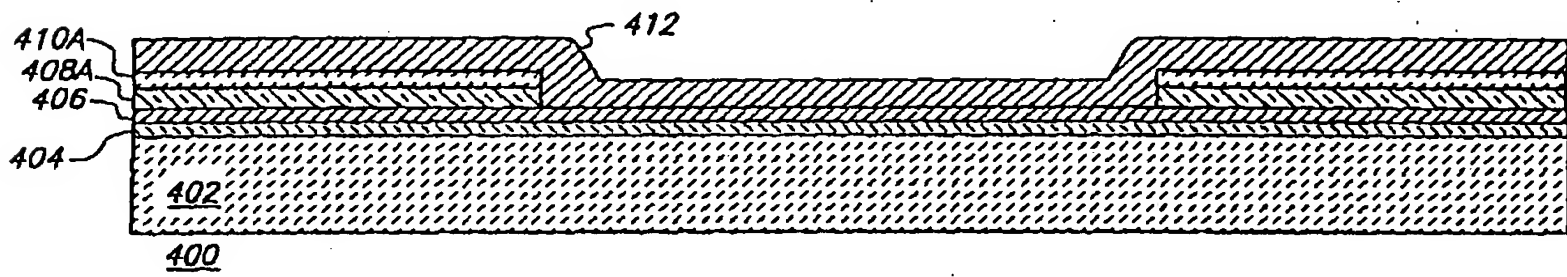
【第9図】



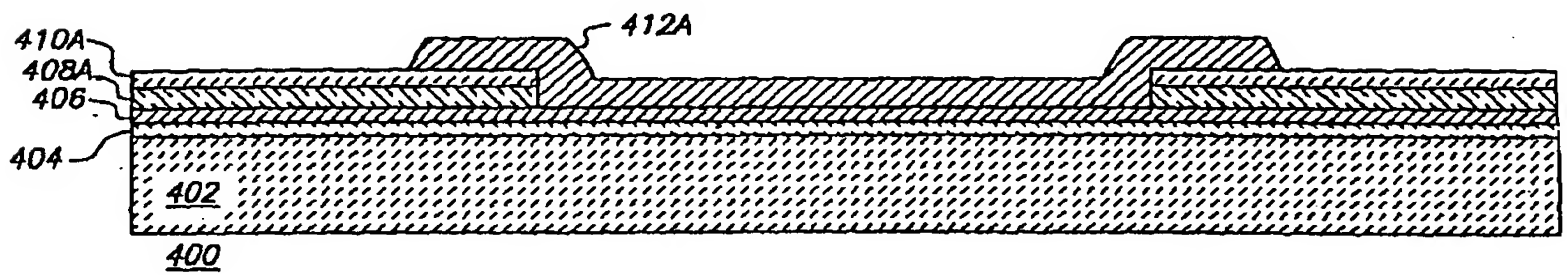
【第10図】



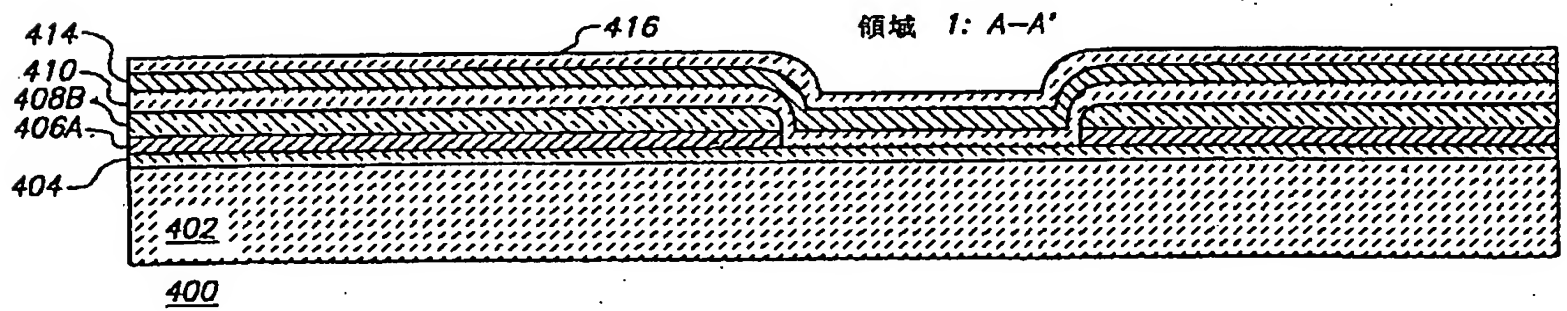
【第11図】



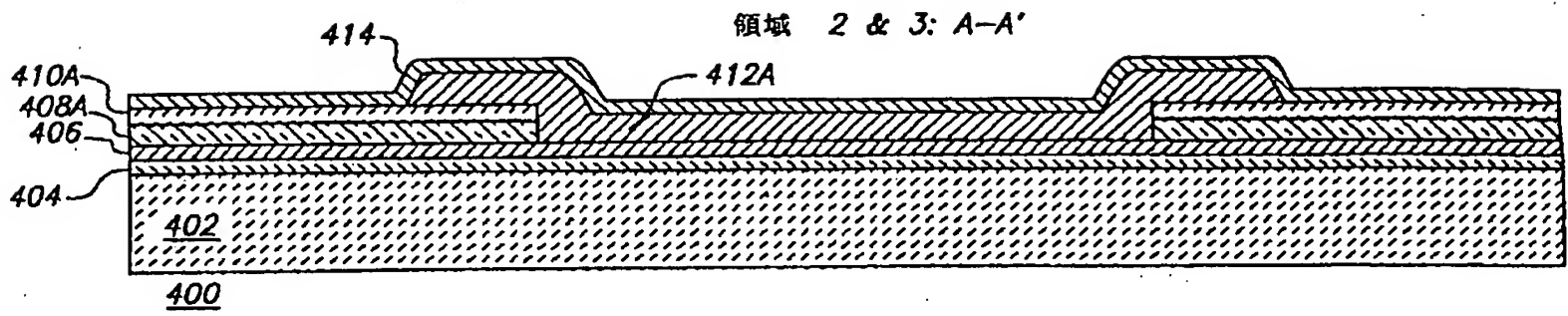
【第12図】



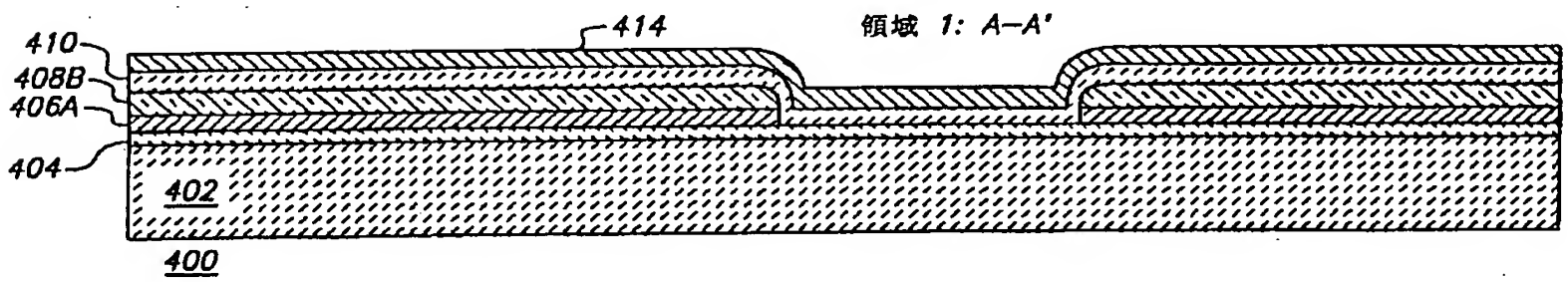
【第15図】



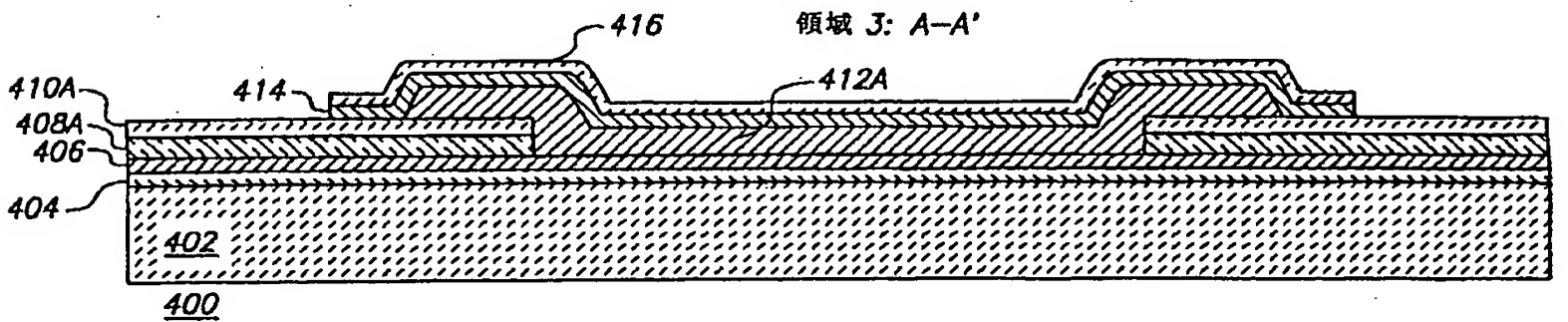
【第13図】



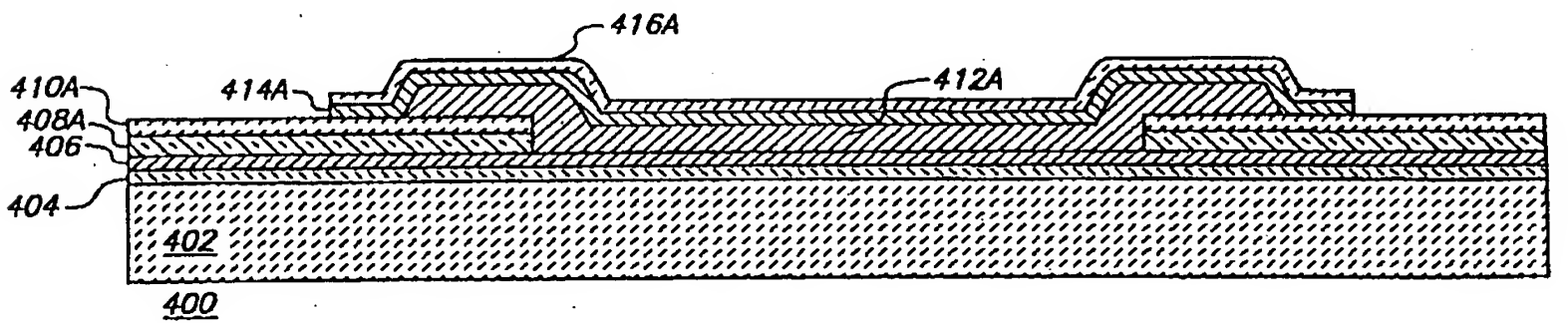
【第14図】



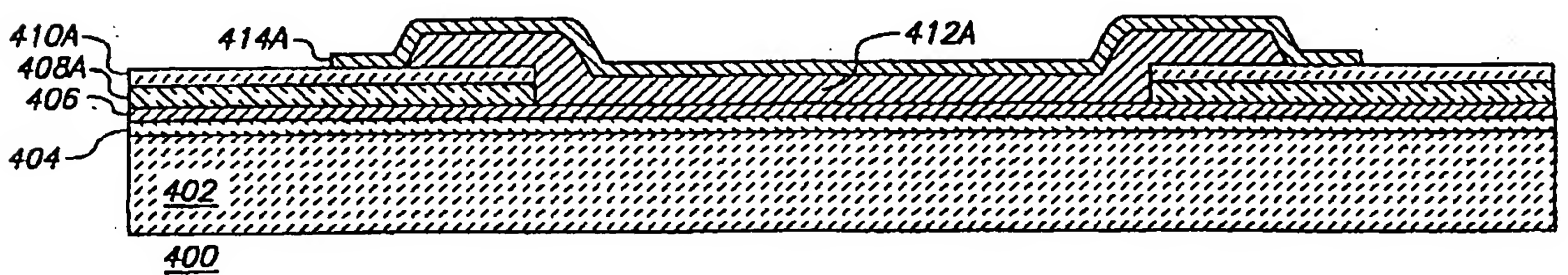
【第16図】



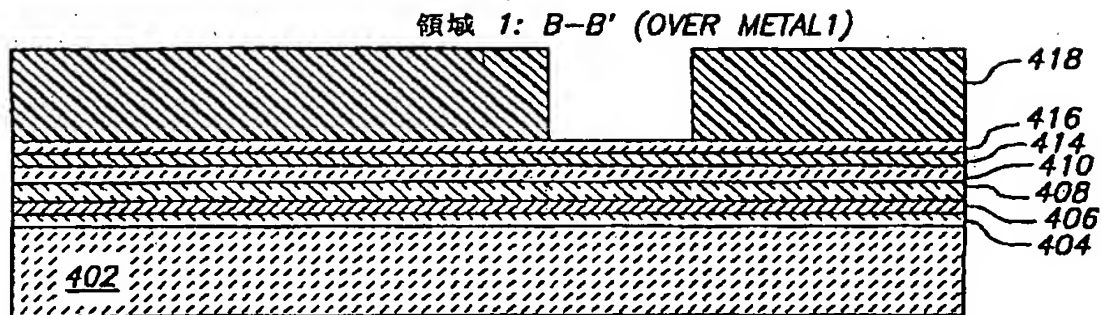
【第17図】



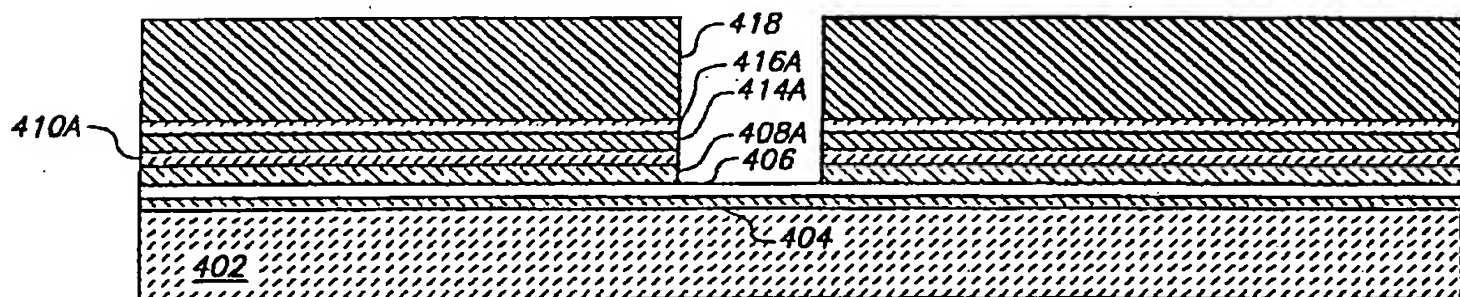
【第18図】



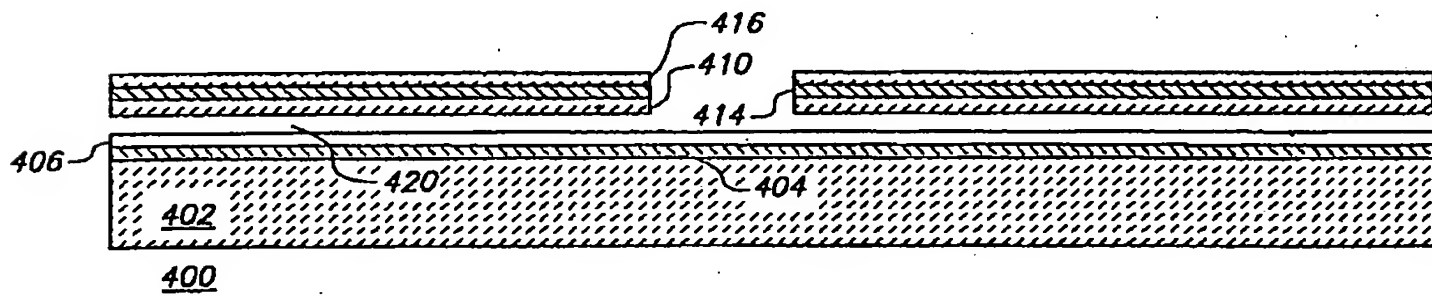
【第19図】



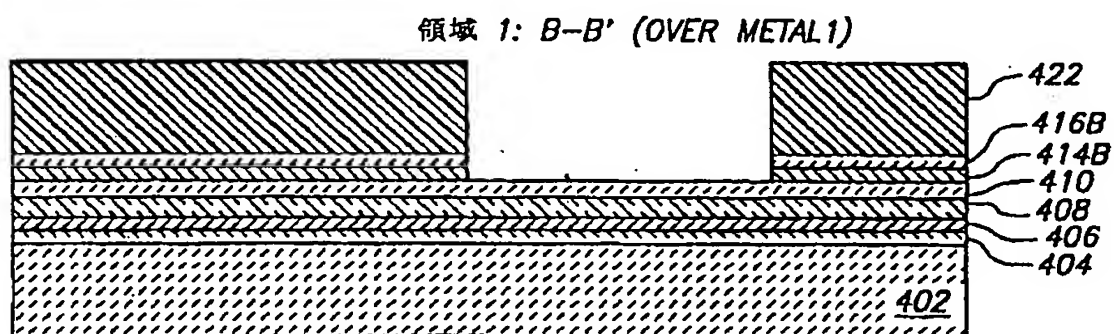
【第20図】



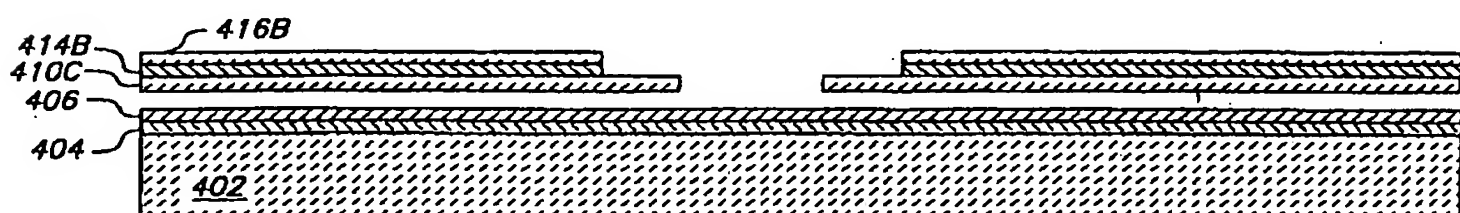
【第21図】



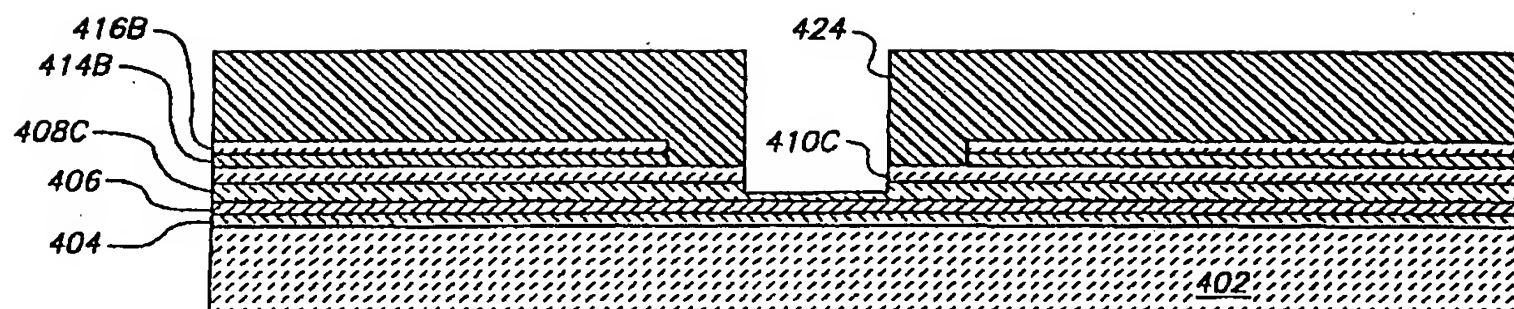
【第22図】



【第24図】



【第23図】



フロントページの続き

(72) 発明者 バンヤイ、ウィリアム・シー
 アメリカ合衆国、カリフォルニア州
 94303、イースト・パロ・アルト、クー
 リー・アベニュー 1914、アパートメン
 ト 2

(72) 発明者 ブルーム、デビッド・エム
 アメリカ合衆国、カリフォルニア州
 94043、ポートル・バレイ、ゴールド
 ン・オーク・ドライブ 140

(72) 発明者 ウィッテン、ラルフ・ジー
 アメリカ合衆国、カリフォルニア州
 95132、サン・ホセ、シエーラ・ロード
 5220

(72) 発明者 ステイカー、ブライアン・ピー
 アメリカ合衆国、カリフォルニア州
 94043、パロ・アルト、パーク・ブール
 バード 3833、アパートメント 1

(56) 参考文献 米国特許5262000 (U S, A)
 米国特許5311360 (U S, A)
 米国特許5459610 (U S, A)
 Optics Letters, Vo
 l. 17 No. 9 pp. 688-690 (1
 May 1992)

(58) 調査した分野(Int. Cl.⁷, DB名)
 G02B 26/00 - 26/08